

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ДЛЯ ВЕТРОУСТАНОВКИ

Петр Шымчак¹, Виктор Гребеников², Максим Прыймак², Ростислав Гамалей²

¹ Щецинский политехнический институт, Щецин, Польша, piotr.szymczak@zut.edu.pl

² Институт электродинамики НАН Украины, Киев, Украина, elm1153@gmail.com

Аннотация — Приведены расчетные и экспериментальные данные электрогенератора с постоянными магнитами для ветроустановки.

Ключевые слова — электрогенератор, постоянные магниты, электромагнитный момент.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с постоянным уменьшением энергоресурсов и увеличением потребления электроэнергии во всем мире растет внимание к возобновляемым источникам энергии. Одним из самых перспективных направлений развития возобновляемой энергетики для энергоснабжения фермерских хозяйств и загородных домов является ветроэнергетика.

На сегодняшний день получили распространение ветроэнергетические установки (ВЭУ) с вертикальной осью вращения ветроротора (типа ротора Дарье), которые весьма, компактны, малошумные и могут быть размещены на крышах зданий [1].

Поскольку в большинстве случаев в ВЭУ с вертикальной осью вращения ветроротора используются электрогенераторы с постоянными магнитами на основе редкоземельных магнитов NdFeB, остаточная индукция которых постоянно растет, существует тенденция к повышению технических показателей ветроустановок.

Следует заметить, что электрогенераторы с постоянными магнитами (ПМ) обладают рядом преимуществ:

- возможность получения высоких значений продольной компоненты магнитной индукции в области электромеханического преобразования энергии (в рабочем зазоре);
- высокие удельные показатели по развиваемой мощности на единицу активной массы и на единицу активного объема;
- высокий КПД преобразования механической энергии в электрическую;
- большая перегрузочная способность по моменту (кратковременно кратность максимального момента равна 5 и более).

Вместе с тем, следует отметить, что массогабаритные характеристики генератора существенным образом

зависит от его конструкции. Неправильно спроектированный генератор может иметь существенный вес, габариты и стоимость, что является основополагающим фактором при конструировании ветроустановки.

Целью работы является сравнение численного моделирования работы электрической машины в режиме генератора с результатами экспериментального исследования опытного образца. Численное моделирование выполняется в программном комплексе COMSOL, а также MATLAB SIMULINK. В работе исследуется компьютерная модель электрогенератора, а также приводятся результаты экспериментальных исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис. 1 приведено поперечное сечение исследуемого электрогенератора с ПМ. Статор указанной электрической машины по размерам идентичен со статором асинхронного двигателя АИР100L8, имеющим внешний диаметр статора $D_c = 168$ мм с числом пазов, равным $Z_1 = 48$. Ротор выполнен в виде 8-полюсной магнитной системы с концентраторами магнитного потока и ПМ, имеющих тангенциальную ориентацию намагниченности, что в данном случае позволяет повысить концентрацию магнитного потока в воздушном зазоре. Величина технологического зазора между расточкой статора и ротора равна $\delta_0 = 1$ мм. Для уменьшения пульсаций электромагнитного момента можно выполнять скоп полюсов на роторе. Аксиальная длина статора и ротора для модели электрогенератора равна $l_a = 100$ мм.

Также на рис. 1 представлена картина распределения магнитного поля в поперечном сечении. Моделирование работы электрической машины в режиме генератора осуществлялось следующим образом:

- в программном комплексе COMSOL решалась серия задач магнитостатики при различных значениях токов в обмотках фаз для различных положений ротора со свойствами материалов для 2-х значений температур (20 и 60 градусов);

- шаг сдвига ротора был выбран равным 1° , а шаг по плотности тока в двух фазах из трех – 2.5 А/мм^2 , при этом плотность тока в третьей фазе может быть вычислена по закону Кирхгофа;
- рассчитывалось потокоцепление во всех трех фазах, а также тормозной момент электрогенератора;

– результаты расчета магнитостатики в виде таблиц передавались в MATLAB SIMULINK, где использовались при расчете переходных процессов с учетом температурных коэффициентов и нагрева постоянных магнитов.

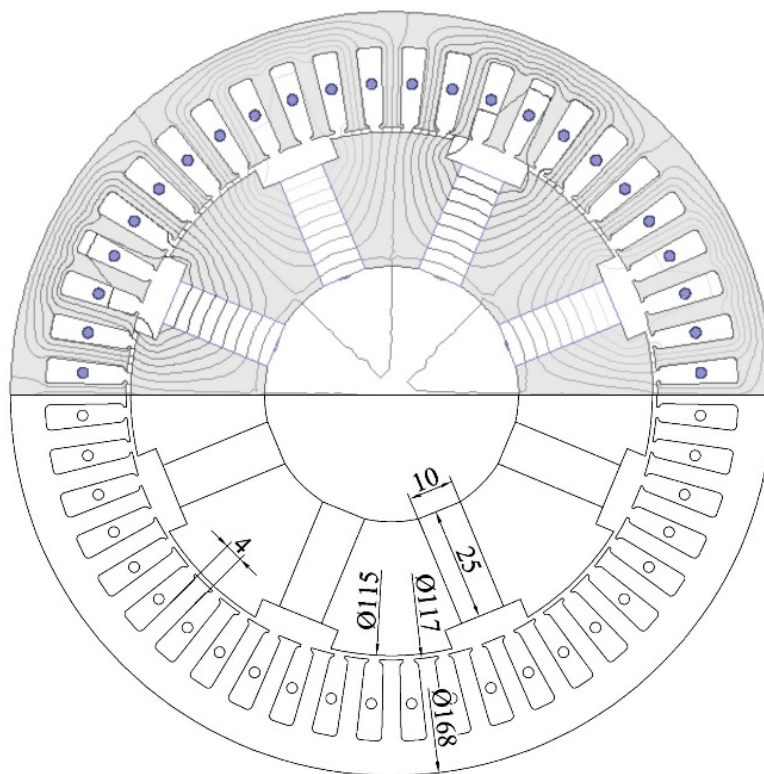


Рис. 1. Распределение магнитного поля в поперечном сечении электрогенератора и размеры магнитной системы.

С целью проверки расчета был изготовлен опытный образец электрогенератора. Испытуемый генератор через шкивы с ременной передачей приводился во вращение с помощью двигателя постоянного тока. Частота вращения приводного двигателя постоянного

тока регулировалась путем изменения питающего напряжения. Обмотки испытуемого электрогенератора соединены в «звезду». Выводы обмоток подключены к трехфазному выпрямителю (схема Ларионова).

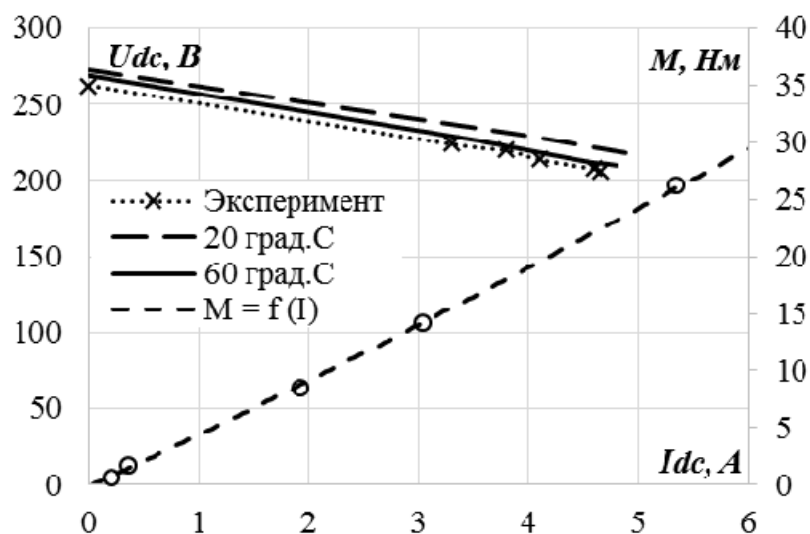


Рис. 2. Зависимость напряжения и момента на валу электрогенератора от тока нагрузки

По результатам измерений при различных значениях сопротивления нагрузки рассчитано и построено ряд зависимостей, характеризующих работу электрогенератора. Сравнение экспериментальных и расчетных результатов отображено на рис. 2. Из рисунка видно, что при нагреве магнитов на 40° внешняя характеристика электрогенератора проседает на 3-5% и совпадает с экспериментом в пределах погрешности 3%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования электрогенератора позволяют сделать следующие выводы:

1. Величина тормозного электромагнитного момента, а также внешняя характеристика электрогенератора, рассчитанные по предложенному методу с использованием пакетов COMSOL и SIMULINK, довольно хорошо совпадают с экспериментальными данными.

2. Момент на валу электрогенератора практически линейно зависит от тока нагрузки для всех значений сопротивления нагрузки.
3. Исследования показали, что при учете нагрева магнитов ротора, внешняя характеристика совпадает с экспериментом в пределах допустимой погрешности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Piotr Szymczak, Viktor Grebenikov. Generator z magnesami trwalimi do malych elektrowni wiatrowych wodnych. // Wiadomosci elektrotechniczne. – 2012. – № 11 – С.36 – 39.
2. Гребеников В. В., Гамалей Р. Р., Приймак М. В., Шымчак П. П. Сравнительный анализ дисковых электрогенераторов для малой энергетики на основе ферритовых и неодимовых магнитов. // Гідроенергетика України. – 2012. – №4 – С. 16 – 21.